

## X線CTによる土粒子形状の定量的評価とその個別要素法解析への適用

著者	片桐 淳
内容記述	筑波大学博士（工学）学位論文・平成24年3月23日授与（甲第6089号）
発行年	2012
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/117827">http://hdl.handle.net/2241/117827</a>

氏 名 (本籍)	かた ぎり じゅん 片 桐 淳 (長野県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6089 号
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学 位 論 文 題 目	X 線 CT による土粒子形状の定量的評価とその個別要素法解析への適用

主	査	筑波大学教授	工学博士	山 田 恭 央
副	査	筑波大学准教授	博士 (工学)	松 島 亘 志
副	査	筑波大学准教授	Ph. D.	亀 田 敏 弘
副	査	筑波大学講師	博士 (工学)	川 村 洋 平
副	査	名古屋工業大学准教授	博士 (工学)	前 田 健 一

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、粒子形状を考慮した個別要素法 (DEM) により、粒状体の力学的特性に及ぼす粒子形状の影響について評価を試みたもので、全 6 章からなっている。

第 1 章では、粒子形状の定量的評価、粒子形状が粒状体の力学的特性に及ぼす影響、及び粒子形状を考慮した DEM に関する既往の研究を概観したのち、本研究の位置づけと工学的意義について述べている。

第 2 章では、画像処理により 3 次元粒子形状を精度よく取得する方法を確立している。この手法を適用し、大型放射光施設 (SPring-8) の X 線マイクロ CT でスキャンした画像より、月面砂 (アポロサンプル) や日本や欧米諸国で要素試験に使用されている砂など 8 種の粒状体について、それぞれ 300 ~ 3000 個程度の粒子の形状を取得している。さらに、このデータに基づき粒子の形状が力学的特性に及ぼす影響について検討を加え、角張りを表す新たな指標として楕円体積比を提案している。

第 3 章では、CT から得られた粒子形状を大きさの異なる複数の球を剛接する手法によりモデル化して DEM シミュレーションを行う手法 (イメージベース DEM) を提案し、室内要素試験の結果と比較してその適用性について検討を加えている。その結果、10 個の球要素で 1 つの実物粒子をモデル化することにより、室内試験から得られる力学的特性を的確にシミュレートできることを示し、将来は要素試験を補完する数値実験としての可能性に言及している。

第 4 章では、アポロサンプルの CT データに基づき粒子を分類し、それが鉱物学的な手法による分類結果と適合することを示すとともに、それぞれの粒子形状の特性について調べ、隕石の衝突により生成され地球には存在しないアグルーチネイト粒子が他の粒子より大きな楕円体積比を持つことを明らかにしている。また、イメージベース DEM によるシミュレーションにより、アグルーチネイト粒子の比率が増えると安息角やせん断強度が大きくなり、取りうる間隙比範囲もゆる詰め側にずれることを示している。

第 5 章では、イメージベース DEM により豊浦砂の単純せん断シミュレーションを行い、DEM 供試体の作製方法が粒状体の堆積構造に及ぼす影響について検討を加えている。その結果、従来より使用されている粒子間摩擦角を小さくすることにより間隙比を制御する方法 (FC 法) で作製した供試体に比べて、繰り返し

せん断による振動締固めにより間隙比を制御する方法（CC 法）で作製した供試体の配位数は小さく、また振動によって間隙比が小さくなっても配位数は増加しないことを示している。この理由について粒子間の接点に作用するせん断力の観点から検討を加え、CC 法で作製した供試体はせん断抵抗で構造を支えているのに対し、FC 法で作製した供試体は粒子間摩擦角が小さいために接点のせん断力が小さく、配位数が増えて構造を支えていることを指摘している。

第 6 章は結論であり、本研究を総括して、得られた成果を要約するとともに、今後の課題について言及している。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、X 線 CT により粒状材料の 3 次元粒子形状を取得・評価する方法を確立するとともに、不規則な粒子形状を大きさの異なる複数の球を剛接してモデル化して DEM シミュレーションを行い、粒子形状が粒状体の力学的特性に与える影響について詳細に検討を加えている点で、工学的に高く評価できる。また、月面砂を用いた検討は新規性が高く、惑星科学における固体惑星の表面形成プロセスの解明にも役立つ結果であると評価できる。

平成 24 年 2 月 3 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。